Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. habil. Hans Heuser

THESIS MARBURG 1968

In vitro-Untersuchungen über den Einfluß der Anätzung der Schmelzoberfläche menschlicher Zähne auf die Säureschutzwirkung eines fluorhaltigen Zahnlackes.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Ekkehard Albat
aus Insterburg/Ostpr.

Marburg 1968

Druck: Buchdruckerei Erich George, Inh. Karl Oberbrunner, 3500 Kassel, Postfach 68

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153508_0114

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. habil. Hans Heuser

In vitro-Untersuchungen über den Einfluß der Anätzung der Schmelzoberfläche menschlicher Zähne auf die Säureschutzwirkung eines fluorhaltigen Zahnlackes.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Ekkehard Albat
aus Insterburg/Ostpr.

Marburg 1968

Druck: Buchdruckerei Erich George, Inh. Karl Oberbrunner, 3500 Kassel, Postfach 68

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 16. Juli 1968
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan: Prof. Dr. med. R. Siegert
Referent: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. habil. H. Heuser
Correferent: Prof. Dr. rer. nat. P. Ihm

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit gewidmet.

In vitro-Untersuchungen über den Einfluß der Anätzung der Schmelzoberfläche menschlicher Zähne auf die Säureschutzwirkung eines fluorhaltigen Zahnlackes.

Inhalt

A. Einleitung: Die Möglichkeiten der Kariesprophylaxe durch Fluor

B. Hauptteil: In vitro-Untersuchungen über den Einfluß der Anätzung der Schmelzoberfläche menschlicher Zähne auf die Säureschutzwirkung eines fluorhaltigen Zahnlackes.

1. Der Wirkungsmechanismus des Fluors.
2. Die Methode der Fluoridierung der Zähne mit Fluor-Lack.
3. Chemisch-quantitative Schmelzlöslichkeitsbestimmungen.
   a) Methodik der Schmelzlöslichkeitsbestimmungen.
   b) Ergebnisse d. Schmelzlöslichkeitsbestimmungen.
4. Histologische Untersuchungen der Tiefenwirkung der Fluoridierung.
   a) Methodik der histologischen Untersuchung.
   b) Untersuchungsergebnisse.
5. Diskussion der Untersuchungsergebnisse.

C. Schluß: Zusammenfassung.

D. Literaturverzeichnis.

EINLEITUNG

Die Karies wird heute zu Recht als die am häufigsten vorkommende Zivilisationskrankheit bezeichnet. 95 - 98 % der Menschen zivilisierter Völker sind von ihr befallen. Die Tatsache, daß es immer schwieriger wird, mit den Mitteln der klassischen Zahnheilkunde die Gebisse zu erhalten, läßt kariesprophylaktische Maßnahmen in zunehmendem Maße wichtig erscheinen.

Eine kausale Kariesprophylaxe muß sich nach HEUSER in erster Linie gegen die Fehlernährung richten. Neben der Einschränkung des Verzehrs leicht vergärbarer Kohlehydrate ist es auch wichtig, daß durch eine derbe und harte Beschaffenheit der Speisen für eine ausreichende Selbstreinigung des Gebisses gesorgt wird.

Eine ganz erhebliche Bedeutung für die Prophylaxe der Zahnkaries erlangte das Element Fluor.

Erstmals referierte im Jahre 1875 der deutsche Arzt Dr. ERHARD auf dem 14. deutschen Zahnärztetag im Zusammenhang mit der Kariesphrophylaxe über die Bedeutung der Fluoride als Behandlungsmittel gegen Karies und empfahl von ihm hergestellte Fluorpastillen.

In den USA stellten später DEAN, McCLURE, ARNOLD, JAY u.a. fest, daß Trinkwasser mit einem höheren Fluorgehalt die Kariesanfälligkeit erheblich herabsetzt. Diese Beobachtungen führten dazu, daß man vom Jahre 1945 an zunächst in den USA künstlich Trinkwasser mit Fluoriden anzureichern begann. Heute, rund 20 Jahre nach Einführung der Trinkwasserfluoridierung werden über 60 Millionen Nordamerikaner von ihr erfaßt. In Europa wurde im Jahre 1952 in Kassel-Wahlershausen die erste Anlage zur Trinkwasserfluoridierung in Betrieb genommen. Auch hier konnte, ähnlich wie in den USA, eine deutliche Kariesreduktion festgestellt werden (HEUSER, HORNUNG, HOFFMANN und STEIN).

Weitere Möglichkeiten massenprophylaktischer Fluorgaben sind zum Beispiel durch die Anreicherung des Kochsalzes mit Fluoriden (WESPY, ADLER, STRAUB u.a.) sowie durch den Zusatz von Fluorverbindungen zur Trinkmilch gegeben.

Umfangreiche Untersuchungen wurden über den Kariesrückgang auch nach Verordnung von Fluortabletten angestellt. Hierbei hat z.B. KESSLER in Ulm und einigen hessischen Kreisen eine Kariesreduktion von 30 % festgestellt. Zu ähnlichen Ergebnissen kam LEONHARD bei Untersuchungen Salzburger Schulkinder. Erfolgreich verliefen auch die von der Hessischen Landesregierung angeordnete Fluor-Tablettenaktion in hessischen Volksschulen und Kindergärten (WODE).

Den enteral-endogenen Fluorgaben sind die exogenen, über die Oberflächenbehandlung der Zähne gegenüberzustellen.

Aufbauend auf Versuche von BIBBY, ROBERTS, WELLOK, BERGGREN, WELANDER u.a. wurden mit gutem Erfolg in GÖTEBORG/ Schweden unter der Leitung von ERIKSSON und TORELL bei 35 000 Schulkindern regelmäßig Mundspülungen mit fluorhaltigen Lösungen vorgenommen.

Günstige Ergebnisse in kariesprophylaktischer Hinsicht wurden zu Beginn der Fluor-Ära durch das direkte Auftragen von Fluorlösungen auf die Zahnhartsubstanz (Topical Applikation) erzielt.

In den Jahren 1942 - 1945 befaßten sich ARMSSTRONG und BRECKHUS mit der Wirkung verschiedener anorganischer Fluorlösungen auf die menschliche Zahnhartsubstanz sowie die verminderte Säurelöslichkeit bei verschiedener Konzentration der Lösungen. Die experimentellen Untersuchungen berechtigten zu großen Erwartungen, klinisch konnten diese Erfolge jedoch nicht immer bestätigt werden.

BIBBY, KNUTSON, ARMSTRONG u.a. in den USA sowie HEUSER, KESSLER und SCHÜTZMANNSKY in Deutschland berichteten von

einer Kariesreduktion von etwa 40 % durch Touchierung der Zähne mit einer 2 % Natriumfluoridlösung, die jedoch erst nach viermaliger Applikation unter Anwendung der nach KNUTSON benannten Technik erreicht wurde.

GISH, HOWELL und MUHLER zeigten in klinischen Versuchen, daß achtprozentige Zinn-II-Fluoridlösung noch wirksamer ist und auch die Wirkung der Trinkwasserfluoridierung noch zu steigern vermag. Auch der Zusatz von Fluor zu Zahnpasten wurde empfohlen. Zahnpasten mit einem Hauptanteil von Kalziumkarbonat scheinen durch Bildung des schwerlöslichen Kalziumfluorids ungeeignet zu sein (BIBBY, SCHLEGEL, GERIKE u.a.).

Seit einigen Jahren werden von MÜHLEMANN und seinen Mitarbeitern KÖNIG, MARTHALER u.a. Versuche mit organisch gebundenen Fluoriden (Aminfluoriden) unternommen. Da die verwendeten Fluoride oberflächenaktiv sind und schon in geringer Konzentration kariesprophylaktisch wirksam werden können, eignen sie sich besonders als Zusätze zu Zahnpasten. MARTHALER berichtet über einen Kariesrückgang bei Kindern nach fünfjähriger Anwendung um 26 - 32 %.

B. In vitro-Untersuchungen über den Einfluß der Anätzung der Schmelzoberfläche menschlicher Zähne auf die Säureschutzwirkung eines fluorhaltigen Zahnlackes.

1. Der Wirkungsmechanismus des Fluors.

Den Vorgang der Fluoraufnahme in die menschlichen Zahnhartsubstanzen versuchten ARMSTRONG, VOLKER u.a. (1938 - 1940) mit einer Adsorption des Fluors zu erklären. GEROULD, RATHJE, SYRRIST u.a. gelang es später nachzuweisen, daß es sich bei der Fluoridierung der menschlichen Zahnhartsubstanzen um eine chemische Reaktion handeln müsse, wobei es durch teilweisen Austausch der Hydroxyl-Ionen gegen Fluor-Ionen im Hydroxylapatit-Gitter zur Bildung eines Hydroxyl-Fluorapatit-Gemisches kommt.

Werden die Zahnoberflächen z.B. bei der Touchierung der Zähne mit höher konzentrierten Fluorlösungen in Berührung gebracht, so bildet sich zunächst vorwiegend ein Niederschlag von Kalziumfluorid (MUHLER und Mitarbeiter, LEACH, MÜHLEMANN und Mitarbeiter u.v.a.). KNAPPWOST sieht in diesem Niederschlag eine Imprägnierungssubstanz, von der langsam Fluor-Ionen an den Zahnschmelz abgegeben werden.

Bei geringeren Fluorkonzentrationen wie z.B. bei der Trinkwasserfluoridierung, kommt es zu einem unmittelbaren Austausch von Hydroxyl-Ionen gegen Fluor-Ionen.

PERDOK nimmt eine Bindung des Fluors an die organischen Bestandteile des Zahnschmelzes an, die wiederum eine Wechselbeziehung zum Hydroxylapatit besitzen, so daß durch die Aufnahme von Fluor-Ionen ein Fluorapatit-Proteinkomplex entsteht, der für die Resistenzsteigerung gegenüber angreifenden Säuren verantwortlich sein soll.

Nach TRAUTZ und Mitarbeitern spielt bei der Fluoridierung des Zahnschmelzes auch der Austausch von Karbonaten durch Fluor eine wesentliche Rolle.

2. Die Methode der Fluoridierung der Zähne mit fluorhaltigem Lack.

Aus Untersuchungen von ZWEMER u.a. geht hervor, daß oberflächlich applizierte Fluorlösungen nur sehr langsam Fluor-Ionen an die Zahnhartsubstanzen abzugeben vermögen. Der Schutzeffekt gegen Karies ist daher um so größer, je länger die Einwirkungszeit von Fluor-Lösungen möglich ist.

Wie H. F. M. SCHMIDT zeigen konnte, läßt sich erst nach mehreren Stunden intensiver Fluoridierung histologisch eine Tiefenwirkung nachweisen. In vitro kann eine beliebig lange Einwirkungsdauer durch Eintauchen extrahierter Zähne in Fluorlösungen erreicht werden.

Nach ZWEMER ist eine optimale Fluorwirkung nach 24-stündiger Lagerung extrahierter Zähne in 2 %-iger Natriumfluoridlösung erreicht. BREITNER konnte nachweisen, daß nach Tagen noch eine zunehmende Fluoridierung möglich ist.

In vivo können durch Fluorpinselungen der Zähne infolge der kurzen Einwirkungszeiten nur schwache Fluoridierungswirkungen erzielt werden. Um auch in der Mundhöhle länger andauernde Einwirkung von Fluor-Ionen zu gewährleisten, wurden verschiedene Methoden angegeben.

KNAPPWOST strebte eine länger anhaltende Fluoreinwirkung durch Erzeugung eines fluorhaltigen Niederschlages mit dem Touchierungsmittel "Cervin-Reogan" an, einer wässrigen Lösung eines Fluor-Silikat-Komplexes, zu erreichen. HEUSER und WIEGELMANN konnten nach mehrmaligem Pinseln der Zähne mit diesem Touchierungsmittel jedesmal eine ausgeprägte Steigerung der Deckschichtbildung feststellen.

Ferner gehören hierzu die bereits erwähnten Aminfluoride, die durch ihre Oberflächenaktivität intensiv Fluor-Ionen an die Zahnhartsubstanzen abzugeben vermögen (MÜHLEMANN und Mitarbeiter).

BERTOLINI empfahl ein Gerät zur Fluor-Ionenphorese durch das die Aufnahme von Fluor-Ionen mittels einer angelegten Spannung erleichtert werden soll. Über diesbezügliche klinische Erfolge ist nichts bekannt.

GOODMAN fand keinen signifikant höheren Fluorgehalt nach Anlegen einer elektrischen Spannung an extrahierten Zähnen, die einer Fluorlösung ausgesetzt waren.

Auf der Suche nach Applikationsformen die eine langanhaltende Fluoridierung gewährleisten können, entwickelte an der hiesigen Universitäts-Zahnklinik h.F.M. SCHMIDT einen fluorhaltigen Kunststofflack mit einem Gehalt von etwa 2 % Fluor und annähernd neutralem pH-Wert sowie

einem leicht verdunstenden Lösungsmittel. Das Auftragen des zähflüssigen Lackes erfolgt ähnlich der von KNUTSON für wässrige Fluoridlösungen eingeführten Technik. Nach gründlichem Reinigen der zu behandelnden Zähne mit rotierenden Bürstchen und Bimsteinpulverbrei sowie sorgfältigem Trocknen wird der Lack mittels eines Wattebausches auf die Zahnfläche aufgetragen, wobei er zu konkaven Stellen hinfließt und von konvexen fortfließt und auf diese Weise bevorzugt die für die Karies disponierten Stellen (Grübchen, Fissuren, Approximalräume, Füllungsränder etc.) fluoridiert werden. Der entstandene Lackfilm trocknet durch Verdunsten des Lösungsmittels in kurzer Zeit. Gleich nach der Applikation diffundieren im feuchten Milieu der Mundhöhle aus dem Fluorlackfilm Fluor-Ionen in hoher Konzentration in den Zahnschmelz. Dieser Vorgang hält etwa 12 Stunden an. Nach dieser Zeit hat sich das Fluor-Ionendepot vorwiegend durch Auswässern der Fluor-Ionen durch den Speichel erschöpft. Infolge der langanhaltenden intensiven Fluoridierung kommt es zu einer deutlichen Tiefenwirkung am Zahnschmelz, besonders an den kariesanfälligen Stellen. Bei histologischen Untersuchungen im Auflicht- und Durchlichtmikroskop war z.B. im Bereich einer Fissur ein Eindringen von Fluor-Ionen bis etwa 1/3 mm, außerhalb einer Fissur bis etwa 1/10 mm zu beobachten, wobei an Stellen beginnender Entkalkung des Schmelzes diese Werte erheblich überschritten wurden.

Da die starke Fluoridierungswirkung des Fluor-Lackes sehr wesentlich von der Einwirkungszeit des Fluor-Lackfilms abhängt, spielt die Haftfähigkeit eine große Rolle. SCHMIDT konnte zeigen, daß durch flüchtiges Anätzen der Zähne mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure durch Aufrauhen der Oberfläche die Haftfähigkeit erheblich verbessert wird. Der Ätzvorgang erhöht gleichzeitig durch die Entfernung des Schmelzoberhäutchens die Durchlässigkeit der Schmelzoberfläche, so daß auf diese Weise mit einer Wirkungssteigerung der Fluoridierung gerechnet werden kann. Darauf deuteten histologische Ergebnisse hin.

Das Anätzen der Zähne wurde bereits früher zur Verbesserung der Wirkung wässriger Fluoridlösungen von BREITNER und SCHÜTZMANNSKY vorgeschlagen.

Es war der Sinn dieser Arbeit, zu untersuchen, in welchem Ausmaße eine Wirkungssteigerung durch Anätzen der Zähne mit verdünnter Salzsäure möglich ist.

Nach HEUSER und WIEGELMANN begünstigen in vivo Fluor-Ionen die remineralisatorischen Vorgänge des Speichels am Zahnschmelz. Auf diese Weise werden angeätzte Schmelzoberflächen wieder geglättet.

3. Chemisch-quantitative Schmelzlöslichkeitsbestimmungen.

a) Methodik der Schmelzlöslichkeitsbestimmungen.

Nach der heute anerkannten Kariestheorie MILLERS's erfolgt der Abbau der Zahnhartsubstanzen vorwiegend durch Gärungssäuren. Zur Beurteilung der zu erwartenden Wirkung eines Kariesprophylaktikums wird daher meist die erzielbare Verminderung der Säurelöslichkeit herangezogen.

Eine Möglichkeit, die Säurelöslichkeitsverminderung fluoridierten Zahnschmelzes zu bestimmen, gaben z.B. HEUSER und WIEGELMANN an. Bei in vitro-Untersuchungen stellten sie fest, daß fluoridierte Schmelzwürfel von 60 %-iger Salpetersäure in durchschnittlich 87 Minuten, nicht fluoridierte Würfel gleichen Volumens bereits nach 47 Minuten gelöst wurden.

Bei unseren Untersuchungen bedienten wir uns einer quantitativen Schmelzlöslichkeitsbestimmung (MÜHLEMANN, MUHLER, SCHMIDT u.a.), bei der mit Hilfe der Molybdänblau-Reaktion der Anteil des in Lösung gegangenen Phosphats als Maß für die abgetragene Schmelzmenge bestimmt wurde.

Für diese Bestimmungen benutzten wir mittlere obere Schneidezähne, die keine Füllungen oder sichtbaren kariösen Defekte aufwiesen. Wir trennten die Wurzeln ab und

reinigten die labialen Flächen der Kronen gründlich mit rotierenden Bürstchen und Bimsteinbrei von allen anhaftenden Belägen. Die Hälfte der Präparate ätzten wir 10 Sekunden mit 5 %-iger Salzsäure und wässerten sie anschließend. Auf die so vorbereiteten Zähne trugen wir mit einem Wattebausch eine möglichst gleichmäßige Schicht Fluor-Lack auf, wobei als Maß für die Beschichtungsdicke die Farbintensität des Lackes diente. Histologische Messungen ergaben eine durchschnittliche Schichtdicke von etwa 0,05 mm.

Nach dem Trocknen des Fluor-Lackes setzten wir die Präparate in destilliertem Wasser unter Zusatz von etwas Schlämmkreide für 16 Stunden im Brutschrank einer Temperatur von 37°C aus. Wir wählten diese Temperatur, um den Verhältnissen in der Mundhöhle möglichst nahe zu kommen. Der Zusatz von Schlämmkreide hatte dabei den Zweck, die aus dem Fluor-Lack in das Wasser abgegebenen Fluor-Ionen abzufangen.

Nach 16-stündiger Lagerung entfernten wir den Lack durch wiederholtes gründliches Waschen der Präparate in Chloroform restlos.

Um zu einem Vergleich bezüglich der Säurelöslichkeit der beiden Präparategruppen zu kommen, mußten die zu untersuchenden Schmelzflächen möglichst konstant gehalten werden. Dazu schien die Wachsfenstermethode am geeignetsten. Wir überzogen die vorbehandelten Zähne mit Modellierwachs, nachdem wir nach H.F.M. SCHMIDT u.a. ein kreisrundes Gummiplättchen von 4 mm Durchmesser auf die labiale Fläche aufgedrückt hatten, das nach Erstarren des Wachses leicht entfernt werden konnte.

Die gefensterten Präparate befestigten wir zur Schmelzlöslichkeitsbestimmung an numerierten Drähten aus rostfreien Stahl und tauchten sie damit für zwei Minuten in 50 ml-Meßkölbchen mit einer 0,5 %-igen Milchsäure bei genau 22°C, wobei wir sie laufend bewegten. Anschließend

entfernten wir Säurereste durch Spülen mit destilliertem Wasser.

Zu der vorher zum Lösen von Schmelzbestandteilen verwendeten Milchsäure setzten wir nacheinander in analysenreiner Form 1 ml einer 6,5 %-igen Ammoniummolybdatlösung, 1 ml 95 %-ige Schwefelsäure und 1 ml einer 2 %-igen L(+)-Ascorbinsäurelösung zu und vermischten die Lösung gründlich durch Schütteln. Dabei bildet sich Phosphormolybdatsäure, die durch Ascorbinsäure zu Molybdänblau reduziert wird. Nach Zusatz von einigen Millilitern destilliertem Wasser erhitzten wir die Lösung zur Beschleunigung der Reaktion vier Minuten in kochendem Wasser und ließen sie ca. 20 min auf Zimmertemperatur abkühlen. Nach Auffüllen der Kölbchen bis zur 50 ml-Marke bestimmten wir die Farbintensität in einem LANGE-Colorimeter. Da die Eichkurve im Bereich der gemessenen Phosphatwerte linear verläuft (BAUMGARTEN) verwendeten wir die Extinktionswerte direkt als Maß für die in Lösung gegangenen Schmelzanteile.

Da wir auch die unterschiedliche Tiefenwirkung der Fluor-Ionen bei angeätztem und nicht angeätztem Schmelz prüfen wollten, war bei unseren Untersuchungen nicht allein die Löslichkeitsverminderung an der Schmelzoberfläche von Interesse, sondern auch die Widerstandsfähigkeit tieferer Schichten. Daher wiederholten wir die Phosphatlöslichkeitsbestimmungen mehrmals und ätzten zwischen den einzelnen Löslichkeitstesten den Schmelz mit Milchsäure in einer Konzentration von 22,5 % bei 22°C. Nach 15 min, 30 min, 60 min, 90 min und 120 min unterbrachen wir die Ätzung mit der 22,5 %-igen Milchsäure und prüften die Schmelzlöslichkeit in der beschriebenen Weise. Bei den einzelnen Löslichkeitsuntersuchungen wurde nur wenig Phosphat abgetragen. Diese Menge konnten wir gegenüber den Zwischenätzungen vernachlässigen.

Auch während des Zwischenätzvorgangs bewegten wir die Präparate laufend und entfernten anschließend unter fließendem Wasser noch anhaftende Milchsäure und Phosphate.

Um zu vermeiden, daß sich Versuchsfehler einseitig auf eine Versuchsgruppe auswirkten, führten wir die Löslichkeitsteste und die Zwischenätzung gleichzeitig jeweils an zwei mit Salzsäure vorbehandelten und zwei nicht vorbehandelten Zähnen durch.

Um statistisch brauchbare Werte zu erhalten testeten wir für jede Gruppe 40 Zähne und errechneten für die einzelnen Phosphatanalysen jeweils die Mittelwerte nach der Formel

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Hierbei ist

$\bar{x}$ = Mittelwert
$\sum$ = Summe der Präparate
n = Anzahl der Präparate

Danach errechneten wir als Maß für die Streuung der Ergebnisse die Standardabweichungen nach der Formel

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

wobei $\sum (x-\bar{x})^2$ die Summe der quadrierten Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert darstellt. Der mittlere Fehler des Mittelwertes oder die Standardabweichung des Mittelwertes ist dann

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Um beurteilen zu können, ob sich die Mittelwerte der beiden Versuchsgruppen, die wir mit $\bar{x}_{nä}$ (nicht geätzte Gruppe) und $\bar{x}_{ä}$ (geätzte Versuchsgruppe) bezeichneten, nur zufällig, d.h. auf Grund ihrer Variabilität unterscheiden oder ein echter, signifikanter Unterschied vorliegt, wandten wir den sogenannten t-Test an.

$$t = \frac{\bar{x}_{nä} - \bar{x}_{ä}}{s_d}$$

wobei $\bar{x}_{nä}$ den Mittelwert der nicht geätzten Präparate und $\bar{x}_{ä}$ den Mittelwert der geätzten Präparate darstellen. σ_d ist die Standardabweichung der Differenz und berechnet sich nach der Formel

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma^2_{\bar{x}ä} + \sigma^2_{\bar{x}ä}}$$

Die entsprechende Irrtumswahrscheinlichkeit P entnahmen wir einer Tabelle für den t-Test. Die Irrtumswahrscheinlichkeit P drückt aus, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß das Vorhandensein einer Differenz auf Zufall beruht. Je kleiner P ist, um so vertrauenswürdiger ist das Ergebnis. Die Irrtumswahrscheinlichkeit übertrugen wir in die Phosphatlöslichkeitskurve, die im folgenden Abschnitt wiedergegeben ist.

b) Ergebnisse der Schmelzlöslichkeitsbestimmungen

Die Tabellen 1 und 2 geben die Einzel- und Mittelwerte sowie die Standardabweichungen der Mittelwerte der mit verdünnter Salzsäure angeätzten (Tabelle 1) und der nicht angeätzten Zähne (Tabelle 2) wieder. In der Abbildung 1 sind die Mittelwerte mit den dazugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten in ein Koordinatensystem übertragen worden. Die Ordinate stellt dabei die gelöste Phosphatmenge, die Abszisse die Ätzzeiten dar.

Die Kurven wurden nach sechs Punkten gezeichnet, die den Mittelwerten der Phosphatlöslichkeiten nach 0, 15, 30 min usw. entsprechen.

Der unterschiedliche Verlauf der beiden Kurven ist augenfällig. In beiden Fällen ist eine anfänglich geringere und mit zunehmender Ätzzeit eine vermehrte Phosphatlöslichkeit zu beobachten. Der verhältnismäßig niedrige Ausgangspunkt der Kurve der nicht geätzten Fluor-Lackpräparate ist mit der Schutzwirkung des Schmelzoberhäutchens und der zunächst noch glatten Schmelzoberfläche zu erklären.

Tab. 1: Einzel- und Mittelwerte der Schmelzlöslichkeit und deren Standardabweichungen bei einmal mit Fluor-Lack touchierten, mit 5 %-iger Salzsäure vorbehandelten Zähnen.

Nr.	0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
1.	11,5	21,0	21,2	21,0	20,0	21,5
2.	9,0	20,1	14,0	19,1	22,2	27,1
3.	9,5	11,1	15,0	17,0	22,0	23,5
4.	11,2	12,5	13,5	18,5	22,0	24,5
5.	14,0	16,0	17,1	20,5	19,0	24,2
6.	13,5	17,5	18,0	22,0	22,2	28,5
7.	10,5	19,6	24,3	30,0	30,2	32,8
8.	13,5	20,0	22,2	27,1	28,5	30,0
9.	14,0	16,0	21,4	21,8	29,5	31,2
10.	14,5	27,0	-	32,5	-	39,2
11.	8,7	16,8	22,0	26,0	32,5	39,0
12.	9,6	18,8	22,3	25,2	27,5	37,0
13.	7,4	13,0	18,2	24,8	27,8	27,5
14.	11,8	20,6	22,2	29,0	29,2	28,8
15.	8,5	12,8	13,0	20,8	25,0	17,0
16.	8,8	16,8	17,0	20,2	25,0	18,0
17.	11,2	14,0	17,2	16,5	14,5	17,5
18.	12,9	24,2	17,6	17,0	16,0	18,0
19.	9,1	14,2	18,0	16,5	-	27,0
20.	7,5	13,2	16,5	22,8	24,3	28,8

Tab. 1: Fortsetzung

Nr.	0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
21.	6,2	11,4	14,5	13,2	18,0	18,0
22.	7,0	15,0	16,5	20,5	22,2	25,0
23.	6,0	12,1	-	24,5	25,1	26,0
24.	7,6	12,8	18,6	20,8	22,0	22,0
25.	5,5	11,5	16,5	21,8	23,5	23,0
26.	10,0	13,2	20,5	21,2	19,5	18,5
27.	7,0	10,2	17,4	20,0	24,1	25,0
28.	11,6	13,0	18,5	19,8	23,4	28,8
29.	10,3	14,0	22,2	26,6	26,8	27,3
30.	9,2	14,0	16,5	17,8	23,2	25,2
31.	8,2	13,0	14,5	17,5	19,0	23,7
32.	6,5	11,2	18,0	18,2	24,5	25,3
33.	8,2	9,5	15,0	21,6	26,2	-
34.	6,5	9,5	19,5	21,2	26,0	-
35.	13,5	19,5	22,7	25,0	27,5	-
36.	9,0	9,0	13,0	18,2	22,7	-
37.	9,5	14,5	17,0	17,5	24,3	-
38.	10,7	14,6	18,6	19,5	23,7	-
39.	7,5	13,3	16,2	22,1	26,2	-
40.	14,0	16,2	17,3	22,2	23,4	-
Mittelwerte:	9,77	15,07	17,99	21,44	23,90	25,90
Standard-abweichungen:	±2,61	±4,19	±3,77	±4,02	±3,76	±5,84

Tab. 2: Einzel- und Mittelwerte der Schmelzlöslichkeit und deren Standardabweichungen bei einmal mit Fluor-Lack touchierten, nicht vorgeätzten Zähnen.

Nr.	0. min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
1.	8,5	19,0	21,0	21,0	21,0	23,0
2.	6,0	17,0	18,5	22,0	25,0	24,5
3.	9,0	14,2	18,5	18,5	27,5	27,5
4.	7,5	14,5	18,5	24,0	25,0	29,5
5.	11,5	16,0	19,5	21,0	22,2	26,5
6.	8,0	15,5	22,5	23,0	23,0	26,0
7.	9,5	23,2	27,6	32,8	-	32,5
8.	8,2	19,0	23,0	25,1	36,2	44,0
9.	13,0	20,2	25,2	26,5	28,2	31,2
10.	9,6	18,2	23,8	25,5	28,6	31,5
11.	7,5	21,9	-	30,5	31,5	39,0
12.	4,2	16,2	20,0	22,6	25,7	33,9
13.	7,6	22,0	27,4	28,5	29,5	32,2
14.	8,0	17,6	21,0	26,2	26,0	31,5
15.	4,5	17,1	18,4	22,9	24,2	26,0
16.	5,2	14,4	15,0	19,6	19,8	19,5
17.	7,1	16,8	-	15,6	-	19,5
18.	10,4	21,8	26,0	24,1	23,0	19,0
19.	11,0	15,8	19,0	22,2	25,0	25,0
20.	7,8	13,8	16,0	18,5	24,5	25,5

Tab. 2: Fortsetzung

Nr.	0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
21.	12,5	11,0	14,8	17,2	19,5	17,0
22.	13,5	12,5	20,2	22,5	20,0	26,2
23.	5,2	17,5	24,0	26,2	29,5	24,0
24.	5,0	19,0	22,8	25,8	26,0	26,0
25.	5,0	11,5	17,8	22,5	28,5	27,0
26.	5,[illegible]	14,0	21,4	26,0	27,0	26,5
27.	6,6	10,8	17,5	23,6	31,0	32,7
28.	8,0	17,5	20,0	26,2	30,0	28,3
29.	3,0	9,0	15,0	23,3	24,2	27,2
30.	5,0	12,5	15,0	20,3	26,8	29,4
31.	11,1	17,7	19,5	26,0	24,4	25,2
32.	9,5	16,3	16,5	20,7	23,0	24,0
33.	7,6	15,0	18,5	24,0	27,0	-
34.	7,5	10,5	20,0	23,0	25,4	-
35.	7,7	13,8	18,7	25,2	27,3	-
36.	10,6	14,5	17,0	22,7	25,9	-
37.	7,7	13,8	15,6	14,5	19,8	-
38.	12,5	18,0	22,0	26,5	29,8	-
39.	10,4	17,8	20,3	23,2	25,0	-
40.	9,6	18,2	20,2	26,5	28,4	-
Mittelwert:	8,34	16,13	19,94	23,40	25,90	27,53
Standard-abweichungen:	±2,60	±3,35	±3,38	±3,67	±3,65	±5,47

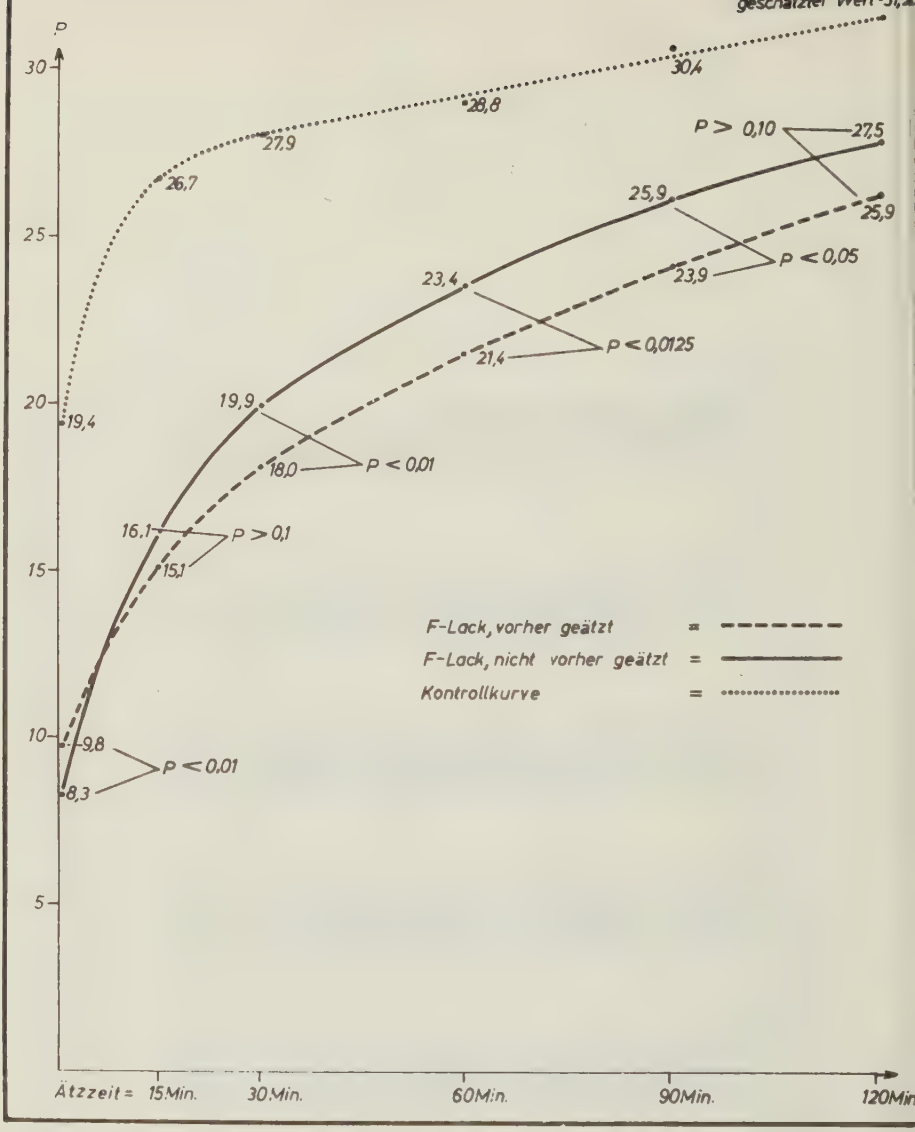

Abb. 1
Gegenüberstellung des Verlaufs der Schmelzlöslichkeitskur
bei vor der Fluorlackapplikation angeätzten und nicht ang
ätzten Zähnen. (In das Diagramm wurde zum Vergleich eine
BAUMGARTEN, Diss. Marburg, übernommene Kurve eingezeichne
die unter gleichen Versuchsbedingungen von 20 nichtangeät
und nicht fluoridierten Zähnen gewonnen wurde.) Auf der A
se des Diagramms sind die Zeitpunkte eingetragen, an dene
die Schmelzlöslichkeit bestimmt wurde. Auf der Ordinate i
die bei den einzelnen Messungen in Lösung gegangene relat
Phosphatmenge abzulesen. P ist die Irrtumswahrscheinlich-
keit für die Differenz der verglichenen Mittelwerte der a
ätzten und der nichtangeätzten, touchierten Zähne.

Beim Verlauf der Kurve der mit verdünnter Salzsäure vorbehandelten Präparate beobachteten wir einen höheren Ausgangswert, da die Schutzwirkung des Schmelzoberhäutchens bei dieser Präparategruppe bereits zu Anfang entfällt. Ebenso ist die Oberfläche des Schmelzes durch den Ätzvorgang aufgerauht. Im weiteren Verlauf steigt diese Kurve als Ausdruck einer stärkeren Fluoridierung und somit gesteigerten Säureresistenz aber weniger steil an, so daß sich die beiden Kurven zwischen den beiden ersten Meßpunkten (0 und 15 min) überschneiden.

Die Tabelle 3 gibt in Ergänzung der Abb. 1 an, um wieviel Prozent die mit Salzsäure vorgeätzten Zähne weniger löslich sind, als die touchierten nicht vorgeätzten Zähne. Während der Ausgangswert noch um 15,3 % über dem Wert der nur mit Fluor-Lack behandelten Zähne lag, ist nach einer Ätzzeit von 15 min bereits eine Schmelzlöslichkeitsverminderung von 6,2 % gegenüber der Vergleichsgruppe zu verzeichnen, wobei dieser Unterschied allerdings noch nicl signifikant ist. Am auffallendsten ist der Unterschied nach 30-minütiger Ätzzeit ($P < 0,01$). Hier beträgt die Phosphatlöslichkeitsverminderung mit Salzsäure vorbehandelten Zähnen gegenüber der zweiten Versuchsgruppe 9,6 % ($P < 0,0125$). Auch nach einer Ätzzeit von insgesamt 90 min ist der Unterschied mit 7,7 % noch signifikant ($P < 0,05$). Nach dieser Ätzzeit nähern sich die Kurven allmählich, jedoch ist selbst nach zweistündigem Abtragen des Schmelz aus den Kurven ein Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen als Zeichen verschieden intensiver Fluoridierung zu ersehen. Dieser Unterschied ist allerdings nicht mehr signifikant.

Um die Phosphatlöslichkeitsreduktion unserer beiden Versuchsreihen gegenüber unbehandelten Zähnen festzustellen, zogen wir zum Vergleich eine Versuchsreihe mit nicht behandelten Zähnen von BAUMGARTEN heran, der etwa gleichzeitig und unter gleichen Versuchsbedingungen wie im vorliegende Falle die Phosphatlöslichkeitsreduktion mit Fluor-Lack

Tabelle 3

Schmelzlöslichkeitsreduktion von mit 5 %-iger Salzsäure vor der Touchierung mit Fluorlack angeätzten menschlichen Zähnen im Vergleich zu nichtangeätzten, mit Fluorlack behandelten Zähnen.

0 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
-15,3%	+6,2%	+9,6%	+8,5%	+7,7%	+5,8%

Tabelle 4

Schmelzlöslichkeitsverminderung von den mit Fluorlack touchierten und vor dem Touchieren mit 5%-iger Salzsäure angeätzten Zähnen (1) sowie von den touchierten, nicht angeätzten Zähnen (2) im Vergleich zu unfluoridierten Zähnen in Abhängigkeit zur Ätzzeit.

Ätzzeit in Minuten

	0 min	15 min	30 min	60 min	90 min
1.	49,5%	43,4%	35,5%	25,7%	21,4%
2.	57,2%	39,7%	28,7%	18,8%	14,8%

touchierter Zähne nach verschieden langer Einwirkung des Fluor-Lackfilms im Vergleich zu nichttouchierten Zähnen bestimmte.

Auch bei der Kurve der nicht behandelten Zähne ist der Ausgangspunkt der Kurve niedriger als die folgenden Kurvenpunkte. Er liegt aber um 57,2 % höher als bei mit Fluor-Lack touchierten Zähnen und um 49,5 % über dem der vor der Touchierung mit verdünnter Salzsäure behandelten Präparate. Mit zunehmender Ätzzeit zeigt sich auch hier deutlich eine Verschiebung zu Gunsten der Zähne, die vor der Fluoridierung angeätzt wurden. Nach 15 min Ätzzeit mit 22,5 %-iger Milchsäure beträgt die Differenz dieser Präparategruppe gegenüber nicht fluoridierten Zähnen 43,4 %. Nur mit Fluorlack touchierte Zähne weisen eine um 39,7 %-ig geringere Schmelzlöslichkeit gegenüber nicht fluoridierten Zähnen auf. Nach 30 bzw. 60 Minuten Ätzen ist das Verhältnis zu Gunsten der angeätzten Zähne noch auffallender. Die prozentualen Werte dieses Vergleiches sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Um die Schmelzlöslichkeitsreduktion der einzelnen Mittelwertspunkte der Kurve der vor dem Touchieren angeätzten und der nicht angeätzten Zähne miteinander genau vergleichen zu können, ist es nach unserer Auffassung notwendig, für jeden Punkt dieser Kurven Bezugspunkte auf der Kurve der Kontrollzähne zu finden. Ein direkter Vergleich mit den Löslichkeitswerten der Kontrollzähne bei gleichen Ätzzeiten ist nicht möglich, da sich die Löslichkeitsverhältnisse mit der abgetragenen Schichtdicke, wie der Verlauf der Kontrollkurve zeigt, ändern. Es müssen daher die Löslichkeitswerte gesucht werden, bei denen die Ätzung dieselbe Tiefe erreicht hatte wie bei den Bezugswerten der touchierten Zähne. Da bei den Versuchszähnen durch die Wachsabdeckung die exponierten Schmelzflächen konstant gehalten wurden, ergibt sich eine gleiche Ätztiefe bei den verschiedenen Kurven, wenn die gleiche Gesamtmenge an Schmelz abgetragen wurde. Die Schmelzmenge

ist dabei wieder der gelösten Phosphatmenge proportional, als deren Maß die unter den Kurven gelegenen Flächen benutzt werden können. Wir suchten daher für jeden Punkt der beiden Kurven der fluoridierten Zähne auf der Kurve der Kontrollzähne jeweils den Phosphatwert, bei welchem der unter der Kurve gelegene Flächenabschnitt die gleiche Größe erreicht hatte wie bei dem zugehörigen Bezugspunkt auf der Kurve der fluoridierten Zähne. Die Schmelzlöslichkeitsreduktion berechnet sich dann für jeden Punkt der Kurven der fluoridierten Zähne wie folgt:

$$R = \frac{Sl_k - Sl_f}{Sl_k}$$

R = Schmelzlöslichkeitsreduktion

Sl_k = Der jeweilige durch die oben beschriebene Berechnung über die gelöste Phosphatmenge ermittelte Bezugswert der Schmelzlöslichkeit der Kontrollkurve.

Sl_f = Analysenmittelwert der Schmelzlöslichkeit bei den touchierten Zähnen.

Die Abbildung 2 zeigt die Schmelzlöslichkeitsreduktion bei den vor dem Touchieren mit F-Lack angeätzten und den nicht angeätzten Versuchszähnen in Abhängigkeit von der Ätzzeit.

Der Verlauf der beiden Kurven erlaubt einen genauen Vergleich der unterschiedlichen Wirkungsweisen der verschiedenen vorbehandelten Präparategruppen. Die Löslichkeitsverminderung mit Fluor-Lack behandelter Zähne, die nicht vorgeätzt wurden, ist anfangs mit 57,1 % höher als die vor der Fluor-Behandlung geätzte Gruppe (49,5 %). Bereits nach einer Ätzzeit von 15 min mit 22,4 %-iger Milchsäure ist als Ausdruck einer geringeren Tiefenwirkung der Fluor-Ionen nur mit Fluorlack behandelter Zähne eine geringere Schmelzlöslichkeitsverminderung zu ersehen als bei den zu vergleichenden vorgeätzten Zähnen. Nach 30-minütigem Ätzen ist der Unterschied am stärksten. Im weiteren Verlauf nähern sich die Kurven allmählich. Auch nach

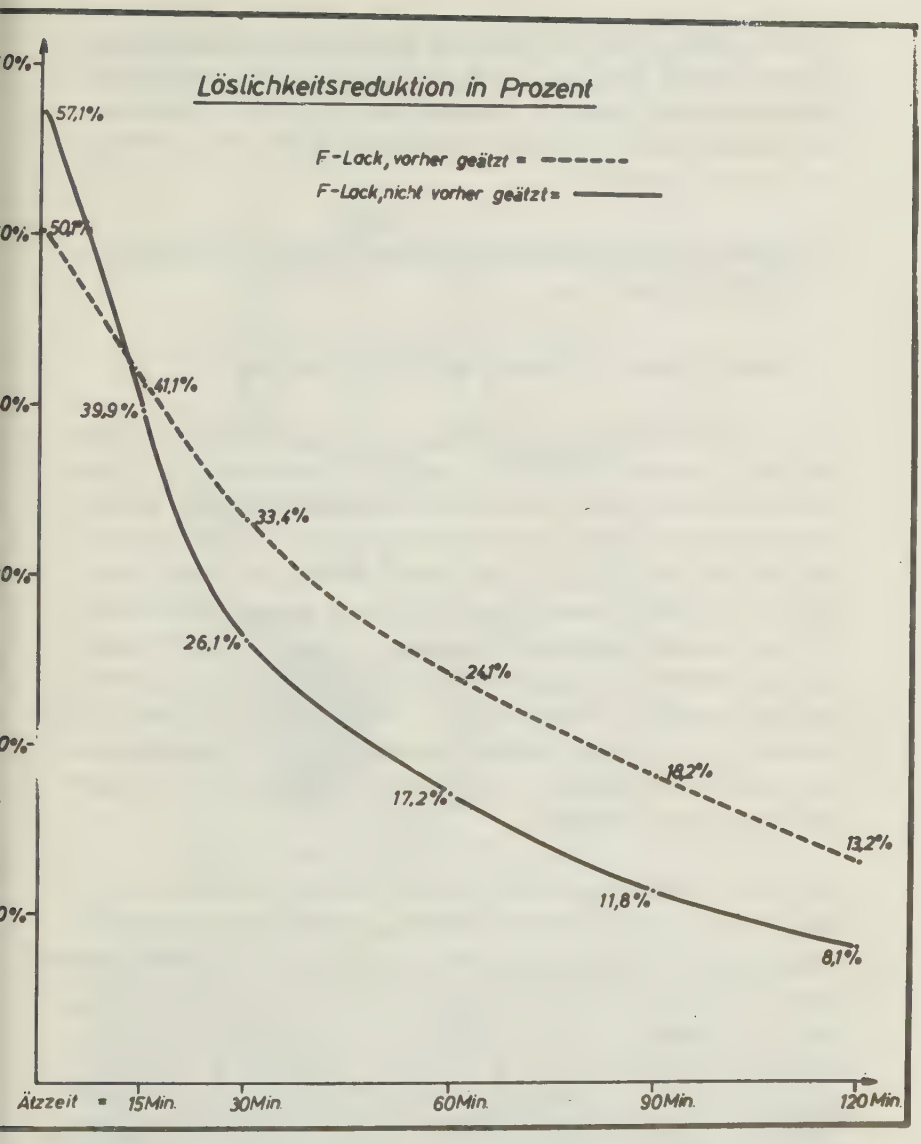

Abb. 2
Vergleich der Schmelzlöslichkeitsverminderung von mit Fluorlack touchierten und von vor dem Touchieren mit 5 %-iger Salzsäure angeätzten menschlichen Zähnen in Abhängigkeit von der Ätzzeit mit einer 22,5 %-igen Milchsäure

90-minütiger Ätzzeit kommt im Verlauf der Kurven die ausgeprägtere Tiefenwirkung der Fluor-Ionen und damit verbundenen geringeren Schmelzlöslichkeitsverminderung der vorgeätzten Präparategruppe gegenüber den Kontrollwerten zum Ausdruck.

4. Histologische Untersuchungen der Tiefenwirkung der Fluoridierung

a) Methodik der histologischen Untersuchung

Die mit den Phosphatanalysen gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß mit 5 %-iger Salzsäure vor dem Touchieren mit Fluorlack angeätzte Schmelzoberflächen der Entkalkung einen stärkeren und länger anhaltenden Widerstand entgegensetzten als diejenigen, die ohne vorheriges Ätzen dieselbe Zeit (16 Stunden) dem Fluorlack ausgesetzt waren. Es kann daraus geschlossen werden, daß die Fluor-Ionen bei angeätzten Zähnen nicht nur eine intensivere Fluoridierung bewirken, sondern auch tiefer in den Schmelz eindringen. Um etwaige Zweifel auszuschließen, untersuchten wir das Eindringen der Fluor-Ionen zusätzlich mit einer histologischen Methode.

Für unsere Untersuchungen wählten wir 10 extrahierte Molaren aus, deren Schmelzüberzug äußerlich keine sichtbaren Veränderungen aufwiesen, um Fehler, die durch unterschiedliche Verkalkung, Struktur u.a. Faktoren möglich sind, weitgehend auszuschließen. Die bukkalen und lingualen Flächen der einzel numerierten Zähne halbierten wir, indem wir mittels einer Trennscheibe parallel zur Zahnachse Rillen einschliffen, so daß die zu untersuchenden Flächen in annähernd zwei gleich große Felder geteilt wurden. Auf einem dieser Felder legten wir an jedem Zahn etwa fünf Millimeter von der Rille entfernt wiederum längs zur Zahnachse eine weitere Markierungsrille an. (Abb. 3a)

Schließlich deckten wir das eine Feld jedes Zahnes mit Modellierwachs ab, wobei zunächst nicht beachtet wurde, auf welchem Feld sich die Markierungsrille befand (Abb.3b)

Abb. 3a

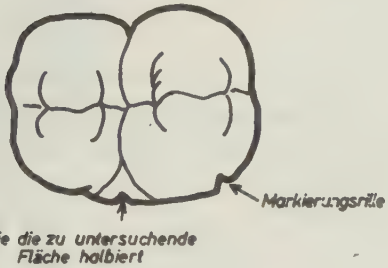

Abb.3b

Anschließend notierten wir, bei welchem Zahn rein zufällig das markierte Feld abgedeckt worden war. Diese Notizen zogen wir erst nach Ausmessen der Eindringtiefe der Fluor-Ionen wieder heran. Auf diese Weise war während der späteren histologischen Messungen der Eindringtiefen nicht bekannt, welche Fläche des Zahnes angeätzt worden war.

Die teilweise abgedeckten Zähne tauchten wir genau wie im vorherigen Versuch zehn Sekunden in 5 %-ige Salzsäure, anschließend wässerten wir sie fünf Minuten und entfernten die Wachsabdeckung.

Nach gleichmäßigem Auftragen des Fluorlackes bewahrten wir die Zähne 16 Stunden in einer Schlämmkreideaufschwemmung im Brutschrank bei einer Temperatur von 37 Grad C auf und entfernten danach durch mehrere Chloroformpassagen alle Reste des Lackes. Von den so vorbehandelten Präparaten stellten wir quer zur Zahnachse mit der Maschine JANSEN mehrere Schliffe von etwa 100 µ Dicke her.

Die Schliffe wurden dann nach einem von H.F.M. SCHMIDT angegebenen Ätz-Färbe-Verfahren weiterbehandelt. Es basiert auf der erhöhten Säureresistenz der fluoridierten Anteile des Zahnes gegenüber den nichtfluoridierten Anteilen.

Die angefertigten Zahnquerschliffe ätzten wir zunächst mit einem Milchsäurepuffer der einen pH-Wert von etwa 3 hatte. Die Pufferlösung setzte sich aus 40 Millilitern Milchsäure von annähernd 90 %, einem Gramm Natriumhydroxyd und 400 Millilitern Aqua dest. zusammen.

Während der 20-minütigen Ätzzeit bewegten wir die Präparate laufend, spülten sie danach 30 min. unter fließendem Wasser ab und färbten sie schließlich 15 min. mit einer 1 %-igen Toloidinblaulösung, wobei wir die Präparate wiederum laufend bewegten. Nach dem Färbevorgang entfernten wir durch kurzes Eintauchen in Wasser von den Schnitten oberflächlich noch anhaftende Farbbestandteile und trockneten sie mit Filterpapier.

Nach Fixieren der einzelnen Schnitte auf Objektträgern stellten sich bei mikroskopischer Betrachtung die fluoridierten Anteile des Schmelzes auf Grund ihrer geringeren Entkalkung durch den Milchsäurepuffer und der damit verbundenen geringeren Farbstoffaufnahme als hellere Zone gegenüber dem nicht fluoridierten Schmelz dar. (Siehe Abb. 4 Seite 25)

Nach Abschluß des Färbeverfahrens wurden von jedem Zahn

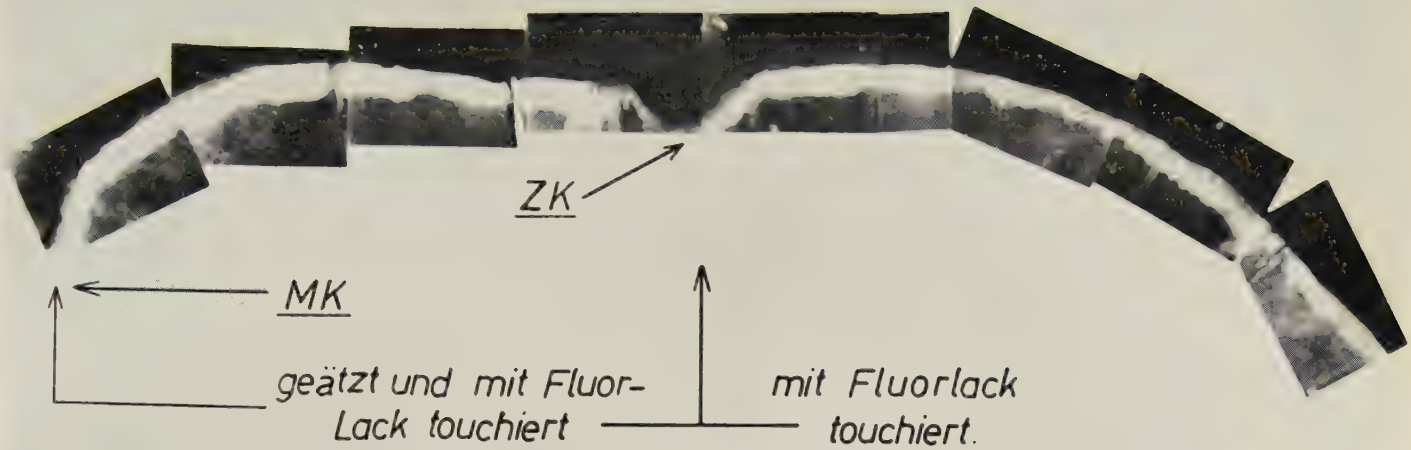

Abb. 4

Histologische Darstellung der unterschiedlichen Tiefenwirkung des Fluor-Lackes bei angeätztem (links im Bild) und nicht angeätztem Schmelz (rechts im Bild)
ZK = zentrale Kerbe MK = Markierungsrille

drei Schliffe mikroskopisch untersucht. Für unsere Beobachtungen benutzten wir das von der Firma LEITZ hergestellte Mikroskop "Ortholux" mit der Auflichtvorrichtung "Ultropak" bei einer elffachen Objektivvergrößerung unter Zuhilfenahme eines geeichten Meßokulars (6X). Auf diesem Meßokular markierten wir mit Tusche zwei Punkte, deren Abstand bei der genannten Vergrößerung auf dem Objekt der Entfernung von etwa 0,35 mm entsprach. Von der zentralen Kerbe der Präparate aus nahmen wir in diesem Abstand jeweils Messungen der Schichtdicke des von Fluor-Ionen durchdrungenen Schmelzanteils vor. Gemessen wurde zunächst immer in Richtung der Markierungsrille, wobei, wie erwähnt, zunächst unbekannt war, ob sich die Markierungsrille auf der mit Salzsäure vorbehandelten Fläche befand oder nicht. Beiderseits der Trennungskerbe nahmen wir jeweils zwölf Messungen vor. Extreme Eindringtiefen der Fluor-Ionen entlang, bei vorheriger Inspektion nicht erkannten Schmelzsprüngen oder Schmelzlamellen, wurden bei der Ausmessung nicht berücksichtigt.

Aus den einzelnen Meßwerten errechneten wir zunächst die Mittelwerte für jeden Schnitt und die Mittelwerte für jeden Zahn.

Nach dieser Berechnung zogen wir unsere Notizen wieder heran, aus denen hervorging welche der Flächen vor dem Lackauftragen verdünnter Chlorwasserstoffsäure ausgesetzt worden war. Hierbei wurde beim Vergleich der Mittelwerte bereits deutlich, daß vorgeätzte Zahnflächen ein erheblich tieferes Eindringen der Fluor-Ionen ermöglichen. In der Tabelle 5 sind die mittleren Eindringtiefen bei den einzelnen Schliffen und den einzelnen Versuchszähnen angeführt.

In Abbildung 4 zeigen wir durch Aneinanderreihung mehrerer Mikrophotos einen größeren Abschnitt einer geätzten und gefärbten Schlifffläche, auf der die zentrale Kerbe und am linken Bildrand noch die Markierungsrille sichtbar sind.

Tabelle 5

Die Tabelle 5 gibt die Mittelwerte der durch histologische Messungen ermittelten Eindringtiefen der Fluor-Ionen an zehn mit Fluor-Lack touchierten menschlichen Zähne wieder, von denen jeweils drei Dünnschliffe ausgewertet wurden. Die Hälfte der zu untersuchenden Fläche jedes Zahnes war vor der Fluoridierung 10 sec. mit 5 %-iger Salzsäure angeätzt worden. Als Maßeinheit dienten die Skalenstriche des Meßokulars. 1 Skalenstrich entsprach 0,011 mm.

Zahn	Mittelwerte des Zahnschliffes 1		Mittelwerte des Zahnschliffes 2		Mittelwerte des Zahnschliffes 3		Mittelwerte des Zahnes	
	geätzt	nicht geätzt	geätzt	nicht geätzt	geätzt	nicht geätzt	geätzt	nicht geätzt
1.	20,9	18,9	18,4	18,2	18,7	16,2	19,3	17,8
2.	12,6	9,0	10,9	9,0	14,9	11,3	12,8	9,8
3.	17,8	12,6	17,3	15,8	18,5	15,6	17,9	14,7
4.	16,2	14,3	17,0	15,8	18,2	13,3	17,1	14,5
5.	19,8	18,8	21,3	17,5	21,2	20,1	20,8	18,8
6.	16,1	13,0	14,3	13,4	17,3	12,4	15,9	12,9
7.	16,0	14,6	16,2	15,6	16,7	13,7	16,3	14,4
8.	19,0	19,1	19,3	19,4	19,7	19,8	19,3	19,4
9.	19,8	15,6	19,7	15,7	19,7	15,2	19,7	15,5
10.	18,3	15,3	18,9	15,2	18,6	17,3	18,6	15,9
Gesamtmittelwerte in Skalenstrichen							17,8	15,4
in Millimetern							0,20 mm	0,17 mm

Die Oberfläche des Zahnes zwischen der zentralen Kerbe und der Markierungsrille ätzten wir vor der Touchierung mit Fluor-Lack zehn Sekunden lang mit verdünnter Salzsäure.

Deutlich kommt die unterschiedliche Eindringtiefe der Fluor-Ionen bei vorgeätztem,fluoridiertem Schmelz gegenüber nicht vorgeätztem und fluoridiertem Schmelz in Form der verbreiterten "gehärteten" helleren Randzone zum Ausdruck.

Statistisch wurden unsere Meßergebnisse mit Hilfe einer faktoriellen Varianzanalyse im Institut für Medizinische Statistik und der zentralen Rechenanlage der Philipps-Universität Marburg ausgewertet.

Eine faktorielle Varianzanalyse hat zur Aufgabe nachzuprüfen, ob ein signifikanter Unterschied zwischen einzelnen Faktoren besteht.

Die Faktoren waren in unserem Falle der einzelne Zahn (Z), der Dünnschliff des Zahnes (S) und die verschieden vorbehandelten Schnitthälften bei zehn Messungen ("Wiederholungen").

Da eine ausführliche Darstellung der Varianzanalyse über den Rahmen dieser Arbeit hinaus gehen würde, muß auf die entsprechende Literatur verwiesen werden (z.B. A. LINDER Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, Birkenhäuser Verlag Basel und Stuttgart 1964).

Ist bei der Berechnung $P < 0{,}01$, verwerfen wir die Nullhypothese der Homogenität bzw. der Streuungsgleichheit. Ein erster Schätzwert für Varianz s^2(Rest) ergibt sich aus der Streuung zwischen den Wiederholungsmessungen. Damit verglichen ist die Wechselwirkung ZxSxH und $P < 0{,}01$ ($F=1{,}92$) statistisch gesichert zu groß, so daß man von

Schnitt zu Schnitt mit einer größeren Streuung als innerhalb der Schnitte (von Messtelle zu Messtelle) rechnen muß. Daher muß man s^2(ZxSxH) als Bezugswert für die Streuung nehmen.

Die den jetzt erhaltenen F-Werten zugehörigen Werte P suchten wir in einer Tabelle auf und übertrugen sie in unsere Zusammenstellung.

b) Untersuchungsergebnisse

Aus den Tabellen 5 und 6 ist zu ersehen, daß angeätzte Schmelzflächen ein tieferes Eindringen der Fluor-Ionen ermöglichen. Histologisch konnten wir so unsere vorherigen Untersuchungen bestätigen und erhärten. Vor der Touchierung mit Fluorlack angeätzter Schmelz zeigt eine um 15,6 % breitere fluoridierte Zone gegenüber nicht vorgeätztem. Statistisch ist dieser Unterschied hochgradig gesichert ($P < 0{,}001$). Zwischen den einzelnen histologischen Schnitten jedes Zahnes konnten wir auf Grund der statistischen Auswertung nach der faktoriellen Varianzanalyse keine unterschiedliche Fluoridierung feststellen. Dagegen ergaben sich signifikante Unterschiede der Eindringtiefe beim Vergleich der einzelnen Zähne. Dies ist durch die unterschiedliche Struktur, Verkalkung u.v.a. Faktoren der Zähne verschiedener Individuen erklärbar.

5. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Mit den hier zur Diskussion stehenden Untersuchungen sollte dem Problem nachgegangen werden, ob und in welcher Weise oberflächliches Anätzen menschlichen Zahnschmelzes mit verdünnter Salzsäure vor der Applikation eines fluoridhaltigen Kunststofflackes die Fluoridierungswirkung dieses Kariesprophylaktikums zu steigern vermag.

Tabelle 6

Faktoren	s^2	FrGr	F	P
Z	$3,24 \times 10^5$	9	38,90	0,001
S	$9,15 \times 10^3$	2	1,09	0,250
ZxS	$1,27 \times 10^3$	18	1,52	0,25-0,10
H	$6,94 \times 10^5$	1	83,20	0,001
ZxH	$2,12 \times 10^4$	9	2,54	0,05-0,025
SxH	$6,67 \times 10^3$	2	0,797	0,25
ZxSxH	$8,34 \times 10^3$	18	1	-
Rest	$4,38 \times 10^3$	660	-	-

Ergebnisse der Signifikanzberechnung der Eindringtiefen von Fluor-Ionen in den Zahnschmelz bei vor der Fluoridierung mit verdünnter Salzsäure angeätzten und nicht angeätzten fluoridierten menschlichen Zähnen. Die Berechnung erfolgte im Institut für Medizinische Statistik und der Zentralen Rechenanlage der Philipps-Universität Marburg nach der Varianzanalyse.

Mit s^2 ist der Schätzwert der Varianz bezeichnet. F ergibt sich aus dem Quotienten des Schätzwertes der Varianz der einzelnen Faktoren und dem des Rests. P gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein nur zufälliger Unterschied zwischen den einzelnen Faktoren besteht. Mit FrGr sind die Freiheitsgrade bezeichnet.

Durch den Ätzvorgang wird das Schmelzoberhäutchen entfernt und der Schmelz aufgerauht. Es ist auf diese Weise eine stärkere Reaktion der Fluor-Ionen mit dem Schmelz zu erwarten. Gleichzeitig war aber auch damit zu rechnen, daß die durch eine verstärkte Fluoridierung erzielte erhöhte Widerstandsfähigkeit des Zahnschmelzes durch die Abätzung des Schmelzoberhäutchens teilweise kompensiert würde. Es galt daher beide Wirkungen, die für die Widerstandsfähigkeit gegenüber der Karies von Bedeutung sind in vitro quantitativ abzuklären. Wir ahmten den Vorgang der kariösen Entkalkung durch Ätzen mit einer 22,5 %-igen Milchsäure nach und bestimmten die Schmelzlöslichkeit nach verschiedenen Einwirkungszeiten der Milchsäure. Bei der Bestimmung der initialen Schmelzlöslichkeit vor dem Ätzen mit Milchsäure fanden wir bei der Gruppe der fluoridierten, nicht mit Salzsäure vorbehandelten Zähne eine Phosphatlöslichkeitsreduktion von 57,2 % gegenüber nicht fluoridierten Zähnen. Die Gruppe der Zähne, welche vor der Fluor-Lackapplikation mit Salzsäure angeätzt worden waren, zeigten hierbei eine Löslichkeitsverminderung von 49,5 % gegenüber den Kontrollzähnen.

Beim Vergleich der Schmelzlöslichkeit der beiden verschiedenen Versuchsgruppen nach schichtweisem Abtragen des Schmelzes wurde deutlich, daß die "Fluorschutzwirkung" von vor der Fluoridierung angeätzten Zähnen erheblich länger anhält. Nach 15-minütiger Entkalkung des Schmelzes beider Präparategruppen mit 22,5 %-iger Milchsäure ist die Schmelzlöslichkeit vorgeätzter, fluoridierter Zähne gegenüber nicht vorgeätzten fluoridierten um 6,2 % vermindert. Nach 30 Minuten Einwirkungsdauer der Milchsäure ist die Schmelzlöslichkeitsverminderung mit etwa 10 % zugunsten der vorgeätzten Präparate gegenüber den nicht vorgeätzten am deutlichsten. Bei weiterem Ätzen nähern sich die bei den Löslichkeitstesten gewonnenen Werte der beiden Versuchsgruppen untereinander allmählich und als Ausdruck der zunehmenden Erschöpfung des Fluor-Ionendepots auch denen der nicht fluoridierten

Kontrollzähne. Jedoch nach 90 Minuten Abtragen des Schmelzes mit Milchsäure läßt sich noch eine statistisch gesicherte unterschiedliche Schmelzlöslichkeit unserer beiden Versuchsgruppen nachweisen.

Die länger anhaltende Schmelzlöslichkeitsreduktion der Fluorlackbehandlung der Zähne, die mit verdünnter Salzsäure angeätzt wurden gegenüber nicht vorgeätzten Zähnen läßt eine verstärkte Tiefenwirkung der Fluor-Ionen bei dieser ersten Gruppe vermuten. Um die Tiefenwirkung des Fluors sichtbar zu machen, bedienten wir uns in Ergänzung der Phosphatlöslichkeitsanalysen einer histologischen Methode. Untere dritte Molaren, deren eine Hälfte jeweils mit verdünnter Salzsäure angeätzt und deren andere nicht angeätzt worden waren, wurden 16 Stunden dem Fluor-Lack ausgesetzt. Bei aus diesen Versuchszähnen hergestellten Dünnschliffen wendeten wir zur Darstellung der Tiefenwirkung der Fluor-Ionen ein von uns (H.F.M. SCHMIDT) entwickeltes Ätz-Färbe-Verfahren an. Schon bei Lupenbetrachtung der einzelnen histologischen Schnitte war je nach Vorbehandlung eine unterschiedliche Schichtdicke des durch Fluor-Ionen "gehärteten" Schmelzes zu beobachten. Unsere Messungen bei mikroskopischer Betrachtung ergaben ein signifikant tieferes Eindringen von Fluor-Ionen von etwa 20 % an den vor der Fluoridierung angeätzten Schmelzabschnitten, wobei darauf hingewiesen werden muß, daß wir die vergleichenden Messungen jeweils an demselben Zahn durchführten. Als Nebenbefund der statistischen Auswertung ergab sich auch ein signifikant unterschiedliches Eindringen von Fluor-Ionen bei den einzelnen Zähnen. Individuelle Struktur, Verkalkung, Alter der Zähne und andere Faktoren scheinen dies zu begründen.

Unsere histologischen Untersuchungen zeigen ebenso wie die Phosphatanalyse, daß der stärkere Fluoridierungseffekt bei vorherigem Ätzen der Schmelzoberfläche vor allem auf der größeren Tiefenwirkung der Fluor-Ionen beruht. Es ist anzunehmen, daß die in vitro festgestellte

verstärkte Fluoridierung menschlichen Zahnschmelzes in vivo einer verminderten Kariesanfälligkeit entspricht, wenn auch unsere Untersuchungen keinen direkten Gradmesser für die Kariesreduktion darstellen können.

Aus früheren Untersuchungen von HEUSER, WIEGELMANN und KNAPPWOST ist bekannt, daß oberflächliche Schmelzdefekte vor allem in Gegenwart von Fluor-Ionen durch den Speichel in relativ kurzer Zeit wieder "repariert" werden. Es ist daher anzunehmen, daß es auch bei dem mit Salzsäure angeätzten Schmelz zur baldigen Wiederherstellung einer glatten Schmelzoberfläche kommt.

C. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, inwieweit die Säureschutzwirkung einer Touchierung des Zahnschmelzes mit dem Kariesprophylaktikum Fluor-Lack beeinflußt wird, wenn die Zähne vor dem Touchieren mit Chlorwasserstoffsäure flüchtig angeätzt werden. Die Wirkung des Fluor-Lackes bei angeätzten und nicht angeätzten Zähnen stellten wir in einer chemisch-analytischen und einer histologischen Untersuchung qualitativ gegenüber.

Beim ersten Versuch ermittelten wir die Säureschutzwirkung aus der Phosphatlöslichkeit menschlichen Zahnschmelzes, die wir an 80 Zähnen mit Hilfe der Molybdän-Blau-Reaktion bestimmten und zum Nachweis der Tiefenwirkung der Fluor-Ionen mehrmals nach schichtweisem Abtragen des Schmelzes mit 22,5 %-iger Milchsäure wiederholten. 40 Präparate wurden vor der Touchierung mit Fluor-Lack 10 sec mit 5 %-iger Salzsäure angeätzt. Mit dieser Methode konnten wir eine länger anhaltende Säureschutzwirkung bei angeätztem, fluoridiertem Schmelz gegenüber nicht vorgeätztem nachweisen. Nach 30-minütigem Abtragen des Schmelzes ist die Tiefenwirkung an vorgeätztem Schmelz besonders deutlich.

Die Säurelöslichkeit ist von 30 bis 90 Min. Ätzen mit 22,5 %-iger Milchsäure bei vor der Touchierung mit Salzsäure angeätzten Zähnen signifikant niedriger als bei nicht vorgeätzten Zähnen.

In einem zweiten Versuch maßen wir histologisch das Eindringen von Fluor-Ionen an zehn mit Fluor-Lack touchierten Zähnen, von denen jeweils drei Dünnschliffe ausgewertet wurden. Die eine Hälfte der zu untersuchenden Flächen jedes Zahnes ätzten wir vor der Fluoridierung ebenfalls mit verdünnter Salzsäure an.

Die statistische Auswertung ergab ein signifikant tieferes Eindringen der Fluor-Ionen an den vor der Touchierung angeätzten Zahnabschnitten.

Unsere Ergebnisse zeigen, daß durch kurzes Anätzen der Schmelzoberfläche mit Chlorwasserstoffsäure das Eindringvermögen der Fluor-Ionen verbessert und die Schutzwirkung gegen Säureentkalkung dadurch gesteigert wird.

D. Literaturverzeichnis

1. ADLER, P. Über die Beziehungen zwischen Zahnkaries und Fluoriden. Zahnärztliche Fortbildung Heft 5 Johann Ambrosius BARTH/Verlag/Leipzig 1950

2. ARMSTRONG,W.D., BIBBY, B.G., KNUTSON, J.W. zitiert von JORDAN, W.A. J. Amer. dent. Ass. 60, 181 (1960)

3. BAUMGARTEN, H.H. In vitro-Untersuchungen über die Löslichkeitsreduktion menschlichen Zahnschmelzes nach einmaliger Touchierung mit fluorhaltigem Kunststofflack in Abhängigkeit von der Haftdauer. Med. Dissertation, Marburg 1966

4. BERGGREN, H., WELANDER, E. Supervised tooth brushing with sodium fluoride solutions in 5000 Swedish school children. Acta odont. Scand. 18, 209 (1960)

5. BERTOLINI, A.G. Kariesprophylaxe durch Fluor-Ionophorese Quintessenz 16, 2543 (1965)

6. BREITNER, W. Verbesserung der Fluorwirkung durch vorübergehende Säurebehandlung der Oberfläche des Zahnschmelzes. Stoma 6, 229 (1953)

7. CIMASONI, G. Die Wirkung von Fluoriden auf Zahnschmelz. Schweiz. Mschr. Zahnhk. 72, 769 (1962)

8. DALDERUP, L.P., JANSEN, B.C.P. Evaluatio of dental Caries in the rat in non-decalcified sections of the molars. Internat. Zschr. Vitaminforschg., Bern 26, 235 (1955)

9. GISH, CH.W., HOWELL, CH.L., MUHLER, J.C. New Approach to the Topical Application of Fluorides for the Reduction of Dental Caries in Children. J. dent. Res. 36, 784 (1957)

10. GISH, CH.W., HOWELL, CH.L., MUHLER, J.C. Single Topical Stannous Fluoride Applications. J. dent. Res. 38, 671 (1959)

11. GOODMANN, F. J.S. California dent. Ass. 34, 27 (1966)

12. HELMCKE, J.G. Atlas des Menschlichen Zahnes im elektronenmikroskopischen Bild. Bild und Forschung, Abteilung Medizin, Berlin Wilmersdorf (1953)

13. HEUSER, H., KESSLER, W. Verminderung der Zahl der Neuerkrankungen an Zahnkaries durch Fluor-Pinselungen und Amonium-Ionenhaltige Zahnpflegemittel. Zahnärztl. Rsch. 61, 603 (1952)

14. HEUSER, H. Die Bedeutung des Speichels bei der kariesprophylaktischen Anwendung von Fluorpräparaten durch Touchierung. Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1345 (1957)

15. HEUSER, H. Zur Frage der Deckung von Schmelzdefekten durch lokale Fluorapplikation. (Vortrag bei der FDI Tagung in Rom am 13.9.1957)

16. HEUSER, H. Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Zahnschutzhärtung im Blickfeld der Reliefmikroskopie. Stoma 2, 88 (1958)

17. HEUSER, H. Zur Frage der Kariesprophylaxe durch Fluor. Dtsch. Zahnärztebl. 16, 419 (1962)

18. HEUSER, H. Klinik der Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten. 2. Auflage 1963, Dr. Alfred Hüthig-Verlag, Heidelberg

19. HEUSER, H., SCHMIDT, H.F.M. Untersuchungen über die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen lichtmikroskopischen Strukturbestandteile des menschlichen Zahnschmelzes gegenüber Säuren. Stoma 15, 3 (1962)

20. HOFFMANN, U. Zahnärztliche Reihenuntersuchungen bei Kasseler Schulkindern, sechs Jahre nach Beginn der Trinkwasserfluoridierung. Med. Dissertation, Marburg 1959

21. JENKINS, G.N. Anticaries Mechanism of Fluorides in Dentifrices. Caries Symposium Zürich 1961 edited by MÜHLEMANN, H.R. and KÖNIG, K.G.

22. JORDAN, W.A. Anticaries technics in nonfluoride areas: topical fluoride treatment. J. Amer. dent. Ass. 60, 181 (1960)

23. KESSLER, W. Kariesprophylaxe durch Fluor. Zahnärztl. Rsch. 62, 237 (1953)

24. KNAPPWOST, A. Grundlagen der Resistenztheorie der Karies mit einem Beitrag über die karieshemmende Wirkung peroraler Fluorgaben. Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 670 (1952)

25. KNAPPWOST, A. Zur Kenntnis der lokalen Fluorierung durch Fluoride, Fluosilikate und fluorierte Zahnpasten. Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 681 (1952)

26. KÖNIG, K.G. Kariesprophylaxe im jugendlichen Alter. Österr. Z. Stomat. 59, 396 (1962)

27. LEONHARD, H. Ergebnisse der Fluor-Tablettenzufuhr bei Salzburger Schulkindern. ORCA 1963, S. 49

28. LINDER, A. Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Birkenhäuser Verlag, Basel und Stuttgart 1964

29. MARTHALER, TH. M. Kariesstatistische Resultate der Trinkwasserfluoridierung im bleibenden Gebiß und was sie von der Salzfluoridierung erwarten lassen. Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde 70, 315 (1960)

30. MUHLER, J.C. and DAY, H.G. Relation of pH to the Effectiveness of Sodium Fluoride and Stannous Fluoride in Decreaing Enamel Solubility. J. dent. Res. 31, 102 (1952)

31. MUHLER, J.C. Topical Application of Stannous Fluoride. J. Amer. dent. Ass. 54, 352 (1957)

32. MÜHLEMANN, H.R., KÖNIG, K.G., MARTHALER, TH.M., SCHAIT, A., SCHMID, H. Organische Fluoride. Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde 70, 1037 (1960)

33. MÜHLEMANN, H.R. Fortschritte mit Fluorzahnpasten. Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde 73, 383 (1963)

34. PERDOK, W.G. Die Aufnahme von Fluor-Ionen durch Zahnschmelz. Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde 62, 249 (1952)

35. RATHJE, W. Zur Verminderung der Kariesanfälligkeit durch fluorhaltiges Trinkwasser. Dtsch. Zahnärztl. Z. 7, 693 (1952)

36. SCHMIDT, H.F.M. Untersuchungen über die Tiefenwirkung fluorhaltiger Lösungen am menschlichen Zahnschmelz. Stoma 14, 176 (1961)

37. SCHMIDT, H.F.M. Ein neues Touchierungsmittel mit besonders lang anhaltendem intensiven Fluoridierungseffekt. Stoma 17, 14 (1964)

38. SCHMIDT, H.F.M. In vitro-Untersuchungen über die Herabsetzung der Löslichkeit menschlichen Zahnschmelzes durch Behandlung mit dem neuen Touchierungsmittel Fluo-Lack. - Ein Vergleich mit einer 8 %-igen Zinnfluoridlösung. Stoma 17, 185 (1964)

39. SCHMIDT, H.F.M. Das Ätz-Färbe-Verfahren, eine einfache Methode zur histologischen Darstellung der Oberflächen- und Tiefenwirkung lokal am Zahnschmelz angewandter Fluorpräparate. Stoma 18, 112 (1965)

40. SCHÜTZMANNSKY, G. 5-Jahres-Ergebnisse lokaler Fluorapplikation. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kiefernheilkunde 22, 166 (1955)

41. STEIN, U. Zahnärztliche Reihenuntersuchung bei Kasseler Schulkindern, viereinhalb Jahre nach Beginn der Trinkwasserfluoridierung. Dissertation, Marburg 1957

42. TORELL, P. The Göteborg Studies of Methods for Applying Fluorides Topically. Advances in Fluorine Research and Dental Caries Prevention. Volume 3, Pergamon Press 1965

43. TRAUTZ, O.R., FESSENDEN, E., ZAPANTA, R.R. Effect of Sodium Fluoride on Calcium Salts and Dental Enamel. J. dent. Res. 38, 691 (1959)

44. WACHOLDER, P. Dissertation, Marburg, in Vorbereitung

45. WEBER, E. Grundriß der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer-Verlag Jena 1956

46. WESPI, H. Fluoridiertes Kochsalz zur Kariesprophylaxe. Schweiz. med. Wschr. 561 (1950)

47. WIEGELMANN, F. Oberflächenhistologische Untersuchungen zur Frage der Herabsetzung der Lösungsgeschwindigkeit der Zahnhartsubstanz durch lokale Fluoridierung mit Cervin-Reogan. Dissertation, Marburg 1957

48. WODE, G. Über die Kariesprophylaxe mit Fluor in Hessen. Zahnärztl. Welt 5, 136 (1960)

Meinem verehrten Lehrer,
Herrn Professor Dr. med. Dr. med. dent. habil. Hans Heuser
danke ich für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referats.

Herrn Dr. med. dent. H. F. M. Schmidt
möchte ich für die freundliche Unterstützung, sowie für zahlreiche Hinweise bei der Anfertigung der Arbeit herzlich danken.

Herrn Professor Dr. rer. nat. Peter Ihm
danke ich herzlich für die statistische Beratung und für die Übernahme des Correferats.

LEBENSLAUF

Am 16. Mai 1939 wurde ich, Gerd Ekkehard Albat, als zweites Kind des Realschullehrers Hermann Albat und seiner Ehefrau Leni, geb. Albuschkat in Insterburg/ Ostpr. geboren.
Im Jahre 1944 kamen wir infolge von Kriegseinwirkungen nach Brotterode in Thüringen. Nach acht Volksschuljahren, die ich dort absolvierte, besuchte ich vom Jahre 1953 bis zum Jahre 1957 die Oberschule in Schmalkalden, wo ich am 28. Mai 1957 die Reifeprüfung der SBZ bestand.
Im Sommer 1957 siedelte ich in die Bundesrepublik über und nahm vom 15. Oktober 1957 bis zum 23. März 1958 an einem Ergänzungslehrgang für SBZ-Abiturienten an der Jakob-Grimm-Schule in Rotenburg/F. teil. Durch eine abschließende Prüfung erwarb ich die Berechtigung zum Studium an den Hochschulen der Bundesrepublik.

Vom Sommersemester 1958 bis zum Sommersemester 1959 studierte ich an der Universität Marburg Philologie. Während dieser Zeit legte ich, da mein Reifezeugnis keinen Lateinnachweis enthielt, die zum Studium der Philologie erforderliche Lateinprüfung am Gymnasium Philippinum in Marburg ab.
Zum Wintersemester 1959/60 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde in Marburg. Am 26. Juni 1962 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung. Nach drei klinischen Semestern in München kehrte ich zur Beendigung des Studiums nach Marburg zurück, wo ich am 30. August 1965 mein zahnärztliches Staatsexamen bestand. Am 10. September 1965 erhielt ich meine zahnärztliche Approbation.
Seit dem 15. Oktober 1965 bin ich an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Philipps-Universität als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

in Marburg: Braun-Falko, Dimroth, Dölle, Gedigk, Hennis, Hering, Heusern, Janke, Korb, Kottmeyer, Mahr, Mann, Niessing, Oksche, Pantke, Petry, Pfütz, Rosemann, Schmid, Seidel, Siess, Vogt, Walcher.

in München: Ascher, Boette, Borchers, Dontenwill, Eder, Eyer, Georgii, Gottstein, Grill, Heiss, Holle, Ketterl, Lang, Leibbrand-Wettley, Linzenmeyer, Löblich, Nasemann, Schedel, Schug-Kösters, Schwarz, Spann, van Thiel, von Werz.